

酪農場の生産性の分析による適正牛群評価法の検討

～乳検データからのアプローチ～

松 岡 みづほ・中 田 健*・及 川 伸

An assessment of the appropriate herd evaluation method by analysis of productivity
in a dairy farm — An approach from dairy milk production records —

Mizuho MATSUOKA, Ken NAKADA* and Shin OIKAWA

(Accepted 22 December 2009)

緒 論

近年の日本酪農は集約化、大規模化、高泌乳化が進み[3, 8], それと同時に代謝性疾患や繁殖障害、産褥期疾患の増加や平均産次数の減少[6, 10], 経済的損失の増加等[2, 3, 11], 多くの弊害が問題となってきた。このような背景から、大規模化に伴い従来重要視されてきた個体管理に代わり、予防的な観点を含めた牛群としての管理が重要であると考えられるようになってきた[1]。

牛群を管理する上で、飼養されている牛群のプロファイル、および乳生産に係る特徴や傾向を把握している事は重要である。また同時に、その牛群を持つ農場の経営状況と生産性を知る事は今後の経営方針を決定する上でも重要となる。牛群の問題点や改善点の摘出、および現在の飼養形態に合致し得る適正な牛群の推定は、牛群管理の目指すべきところであり、牛群管理プログラムの最も大切なステップとなる。

各地域において様々な飼養形態により牛群が管理されている。各農家の経営状況およびその農場で生産に貢献する牛群を経済的に評価することは、次世代牛の選抜、種雄牛の選択にとって重要である。農家単位で牛群の平均生存期間内（農場在籍日数）の粗収入から総支出を差し引くことで牛群内の平均的な牛の総収益が算出でき、農家の牛群の経営状況を推察することが出来ると考えられる。一農家内で子牛、育成の管理を行う場合、非生産時期の支出を含めて、牛群の目標とする平均産次数、産次別頭数割合を考慮して、農場の状況に合わせた牛群管理が必要である。

北海道酪農検定検査協会が行っている乳用牛群検定普及定着化事業（以下乳検）は、平成19年度時点の加入農家戸数が5,230戸、加入頭数は356,426頭であり、加盟農家率は67.7%と高い[12]。乳検から得られるデータには乳量、乳成分、体細胞数、飼料給与状況、飼料単価、乳価、繁殖記録等の項目があり、農家が定期的に得られる数少ない個体および牛群単位の詳細な情報源となっている。しかし、実際の生産現場で利用されている乳検データの項目は、その膨大な情報のうちのごく一部にとどまっている。乳検から得られるデータは個体および牛群の状態を把握する上で有用な情報の山であると推察されるが、具体的かつ一般的にそれらを利用、解析する手法は知られていない。

本研究では、汎用性の高い乳検データを用いて1) 育成を行う一環経営の1農場の各牛の収益性を評価する方法を検討し、牛の生産寿命と生産性との関係を明らかにすること、さらに2) 汎用性を高めるために現在の牛群の飼養管理における経営状況を把握するため、乳検の牛群検定成績表から除籍牛平均産次数を利用した収益性の算出方法の検討を目的に研究を行った。

材料および方法

1. 材料

対象農場は石狩管内のA農場で、生産牛飼養頭数150頭、飼養形態はフリーストールで、パーラーおよび自動搾乳を実施し、後継牛は自家育成を行っている。飼養牛156頭（除籍処分された個体142頭及び2008年4月現在で4産次以上の個体14頭）の1999年3月～2008年4月の乳検データを分析に用いた。

酪農学園大学獣医学部獣医学科衛生環境教育群ハードヘルス学ユニット

Laboratory of Veterinary Herd Health, Department of Health and Environmental Sciences, School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

* Correspondence to: NAKADA K., e-mail: kenn@rakuno.ac.jp

北海道の平成20年度除籍牛平均産次数3.5産のデータを基に、試験対象牛のうち4産次以降に除籍された個体、および4産次以上の個体を高産次除籍牛群(以下高群)、3産次以下の個体を低産次除籍牛群(以下低群)とし、2群に分けて解析を行った。

2. 乳検データからのデータシート作成

データの分析には、乳検データの検定日乳検データ(INDRECM4.dat)と牛マスタ(USHI.txt)の二つのデータを利用した。それぞれのデータから、解析に必要な項目を抽出した。乳検データから、農家コード、牛コード、検定年月日、産次数、初回分娩年月日、累計乳量(kg)、検定日乳量(kg)、検定日乳蛋白質率(%), 検定日乳脂率(%), および授精回数の項目データを抽出した。一方、牛マスタからは、農家コード、牛コード、生年月日、除籍日、および除籍理由の項目データを抽出した。

項目抽出を行った乳検データ、牛マスタの両データを、SAS9.1(SAS Ins. Japan, 東京)を用いて共通項目である農家コードおよび牛コードによって結合し、一つのデータシートを作成した。

3. 各種データの算出方法

作成したデータシートから、各個体の農場在籍日数(日)、総生産乳量(kg)、育成日数(日)、生産日数(日)、一日生産乳量(kg)、生涯生産収入(円)、生涯総飼養費(円)、生涯生産収益(円)、および一日生産収益(円)について算出した。また、産次別頭数数の分布は、1999年～2008年の乳検データのうち、各年の検定年月日が3月のものをデータとして用いた。

以下に、各種データの算出式を記す。

農場在籍日数(日)は以下の式により求めた。

* 農場在籍日数 = 除籍日 - 生年月日……………式1

次に総生産乳量を以下の式により求めた。各乳期における最終累計乳量とは、乾乳期直前の検定日に算出された累計乳量データを指す。

* 総生産乳量 = 各産次における最終累計乳量の合計……………式2

次いで育成日数(日)を以下の式により求めた。

* 育成日数(日) = 初回分娩年月日 - 生年月日……………式3

生産日数は式1および式3で求めた農場在籍日数(日)及び育成日数(日)をもとに以下の式により求めた。

* 生産日数(日) = 農場在籍日数(日) - 育成日数(日)……………式4

一日生産乳量(kg)は、式2で求めた総生産乳量(kg)をもとに以下の式により求めた。

* 一日生産乳量(kg) = 総生産乳量 / 生産日数(日)……………式5

生涯生産収入(円)を式2で求めた総生産乳量をもとに以下の式より求めた。

* 生涯生産収入(円) = 乳価(円) × 総生産乳量(kg)……………式6

続いて生涯総飼養費(円)を式3および4より算出した育成日数および生産日数を用いて以下の式より求めた。飼養費は農林水産省統計部平成18年度の北海道牛乳生産費データ[9]のうち、搾乳牛一頭あたりの飼料費、種付け費、敷料費、光熱費、その他諸材料費、診療費の合計額(855円)を使用した。また、乳価は外挿値(1kg 70円)を用いた。

* 生涯総飼養費(円) = 育成日数 × (飼養費 × 0.5) + 生産日数 × 飼養費……………式7

生涯生産収益(円)を式6および7で求めた生涯生産収入および生涯総飼養費をもとに以下の式より算出した。

* 生涯生産収益(円) = 生涯生産収入(円) - 生涯総飼養費(円)……………式8

最後に、一日生産収益(円)を式1および8で求めた農場在籍日数(日)および生涯生産収益(円)をもとに以下の式より算出した。

* 一日生産収益(円) = 生涯生産収益(円) / 農場在籍日数(日)……………式9

4. 統計処理

統計処理は、SAS 9.1(SAS Ins. Japan, 東京)を使用した。2群間の解析にはF検定、student's-t検定および χ^2 検定を用いて分析した。また、多群間の解析には多重比較検定を用いて分析を行った。

結 果

[1] 一農場における乳検データからの牛群解析

1. 産次数別の搾乳牛頭数の平均および分布

A農場の1999年～2008年における産次数別の年別平均頭数割合について図1、産次別頭数の分布について表1に示した。各産次の平均頭数とその割合は、1産次23.8頭(32.3%)、2産次19.0頭(25.7%)、3産次13.1頭(18.0%)、4産次8.4頭(11.8%)、5産次4.6頭(6.5%)、6産次2.2頭(3.5%)、7産次1.4頭(2.2%)となり、産次数が増えるにつれ頭数割合は低下した。年別平均産次数の中央値は、1999年で3産次、2000年～2008年ではいずれの年も2産次となった。

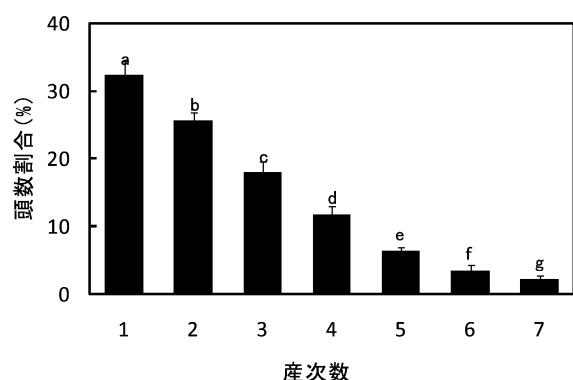


図1 産次数別の搾乳牛の年間の平均頭数割合
棒グラフの値は平均値±標準誤差を示す。
a/c, a/d, a/e, a/f, a/g, b/d, b/e, b/f, b/g,
c/e, c/f, c/g, d/f, d/g: P<0.05 有意差あり

表1 産次数別の搾乳牛の年間頭数の分布

産次	平均頭数	範囲
1	23.8±7.5 ^a	(10~32) ^b
2	19.0±6.2	(8~27)
3	13.1±5.0	(7~22)
4	8.4±2.9	(5~12)
5	4.6±1.2	(2~ 6)
6	2.2±1.4	(0~ 4)
7	1.4±1.1	(0~ 3)

a: 平均値±標準偏差

b: () 内は 1999 年から 2008 年の最小頭数~最大頭数を示す

2. 産次別除籍頭数の変化

1999 年~2008 年までの各年の産次別の除籍頭数と合計頭数に対する割合の変化について、表 2 に示した。1999 年~2008 年の年別の合計除籍頭数は、1999 年の 1 頭を最小値とし、以降年々増加傾向を示

し、2007 年で 24 頭、2008 年では 33 頭と最大値を示した。2000 年~2007 年は 12 ヶ月分のデータを使用した。1999 年の使用データは 3 月~12 月の 10 ヶ月分であった。また、2008 年の使用データ期間は 1 月~4 月の 4 ヶ月分と最も短かったが、合計除籍頭数は最も高い値となった。

各年の産次別除籍頭数割合は年によりばらつきがみられ、明確な傾向はみられなかった。1999 年~2008 年までの産次別の累計除籍頭数割合は 1 産次 34 頭 (23.9%)、2 産次 38 頭 (26.8%)、3 産次 29 頭 (20.4%)、4 産次 23 頭 (16.2%) および 5 産次以上 18 頭 (12.7%) となり、2 産次、1 産次、および 3 産次の順に高かった。

3. 除籍産次別の除籍理由

産次別除籍理由を図 2 に示した。1 産、2 産および 3 産では、繁殖障害による除籍が多く見られ、4 産、5 産以上では乳房炎による除籍が多く見られた。低群に分類される 1 産~3 産次までの産次別除籍理由の上位 3 位は、1 産次では繁殖障害 (47.1%)、その他 (20.6%)、消化器病 (8.8%) および低能力 (8.8%)、2 産次では乳房炎 (39.5%)、繁殖障害 (23.7%) および乳器障害 (13.2%)、3 産次では乳房炎 (34.5%)、乳器障害 (24.1%) および繁殖障害 (20.7%) であった。

次に低群、高群ごとの除籍理由上位 4 位について表 3 に示した。低群における除籍理由は、繁殖障害 (30.7%)、乳房炎 (25.7%)、乳器障害 (13.9%) およびその他の理由 (12.9%) であった。一方、高群における除籍理由は、乳房炎 (39.0%)、乳器障害 (17.1%)、その他の理由 (14.6%) および運動器疾

表2 産次別除籍頭数の変化

	産次数					合計
	1	2	3	4	5 以上	
1999	1 ^a (100.0) ^b	0	0	0	0	1
2000	3 (42.9)	2 (28.6)	0	0	2 (28.6)	7
2001	4 (40.0)	1 (10.0)	2 (20.0)	1 (10.0)	2 (20.0)	10
2002	9 (64.3)	4 (28.6)	0	0	1 (7.1)	14
2003	3 (17.6)	6 (35.3)	2 (11.8)	4 (23.5)	2 (11.8)	17
2004	5 (50.0)	2 (20.0)	3 (30.0)	0	0	10
2005	2 (15.4)	3 (23.1)	5 (38.5)	1 (7.7)	2 (15.4)	13
2006	2 (15.4)	1 (7.7)	4 (30.8)	5 (38.5)	1 (7.7)	13
2007	3 (12.5)	6 (25.0)	8 (33.3)	4 (16.7)	3 (12.5)	24
2008	2 (6.1)	13 (39.4)	5 (15.2)	8 (24.2)	5 (15.2)	33
計	34 (23.9)	38 (26.8)	29 (20.4)	23 (16.2)	18 (12.7)	142

a: 各年の産次別の除籍頭数を示す

b: () 内は各年の合計頭数に対する割合 (%) を示す

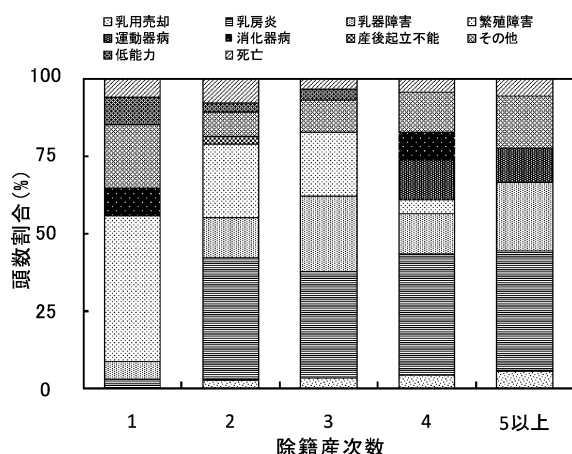


図2 除籍産次別の除籍理由

1産 (n=34), 2産 (n=38), 3産 (n=29), 4産 (n=23) および5産以上 (n=18) の各除籍産次別の除籍理由による頭数割合を示した。

表3 牛群別除籍理由

項目	低群 (n=101)	高群 (n=41)
1位	繁殖障害 (30.7)*	乳房炎 (39.0)
2位	乳房炎 (25.7)	乳器障害 (17.1)
3位	乳器障害 (13.9)	その他 (14.6)
4位	その他 (12.9)	運動器病 (12.2)

* : () 内は頭数割合 (%) を示す

患 (12.2%) であった。

4. 産次別の人工授精実施回数

低群, 高群ごとの産次別の人工授精実施 (AI) 回数について図3に示した。低群および高群でそれぞれ, 1産次は 2.4 ± 0.2 回 (平均値 \pm 標準誤差, n=99) および 2.0 ± 0.2 回 (n=51), 2産次は 2.7 ± 0.3 回 (n=78) および 2.3 ± 0.2 回 (n=51), 3産次は 2.4 ± 0.6 回 (n=31) および 2.5 ± 0.2 回 (n=51) であった。低群と比較し高群においてAI回数は低い傾向にあり, 3産次においては両群でほぼ同値を示した。しかし, いずれの産次においても有意な差は認められなかった。

5. 初回分娩日数と分娩間隔

1) 初回分娩日数と分娩間隔

低群, 高群ごとの初回分娩日数と分娩間隔について表4に示した。

低群および高群でそれぞれ, 初回分娩日数は 763.8 ± 5.7 日および高群で 765.3 ± 7.5 日, 1~2産の分娩間隔は 400.7 ± 5.8 日および 391.7 ± 7.4 日, 2~3産の分娩間隔は 405.5 ± 8.9 日および高群

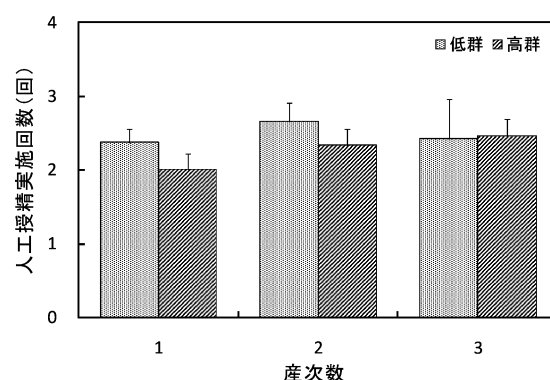


図3 産次別人工授精回数

低群は1産 (n=99), 2産 (n=78) および3産 (n=31), 高群は1産 (n=51), 2産 (n=51) および3産 (n=51) の平均値 \pm 標準誤差を示す。

表4 初回分娩日数および分娩間隔

項目	低群	高群
n	100	52
初回分娩日数	$763.8 \pm 5.7^*$	765.3 ± 7.5
分娩間隔 (日)		
1~2産	400.7 ± 5.8	391.7 ± 7.4
2~3産	405.5 ± 8.9	407.0 ± 6.8

* : 平均値 \pm 標準誤差

で 407.0 ± 6.8 日となった。いずれの項目においても両群間に有意な差は認められなかった。

2) 初回分娩日数と分娩間隔の分布

低群, 高群ごとの初回分娩日数と分娩間隔の分布について, 試験対象牛全頭の分娩間隔の中央値 (初回分娩間隔 748.0 日, 1~2産の分娩間隔 378.5 日, 2~3産の分娩間隔 398.0 日) よりも短い日数を示した個体の頭数とその割合について表5に示した。低群および高群でそれぞれ, 初回分娩日数は 52.0% および 48.1%, 1~2産の分娩間隔は 42.3% および 61.5%, 2~3産の分娩間隔は 51.6% および 51.9% であった。初回分娩日数および2~3産の分娩間隔において有意な差は認められなかったが, 1~2産

表5 初回分娩日数および分娩間隔の分布

項目	低群 (%)	高群 (%)
初回分娩日数	52.0 (52/100)*	48.1 (25/52)
分娩間隔 (日)		
1~2産	42.3 (33/78)	61.5 (32/52) ^a
2~3産	51.6 (16/31)	51.9 (27/52)

* : () 内は該当産次数全頭の中央値より短い日数で受胎した頭数割合を示す

a : 両群間に有意差あり $P < 0.05$

の分娩間隔では両群間で有意な差が認められた ($P<0.05$)。

6. 除籍産次別一日あたりの生産乳量および生産収益

1) 除籍産次別の生産日数一日あたりの生産乳量
除籍産次別一日あたりの生産乳量について図4に示した。除籍産次別一日あたりの生産乳量は、式5により求めた。1産次は 20.7 ± 1.3 kg ($n=22$)、2産次は 15.2 ± 0.9 kg ($n=47$) となり、3産次は 17.5 ± 0.7 kg ($n=31$)、4産次は 21.9 ± 0.6 kg ($n=32$) となり、5産次以上では 24.8 ± 0.8 kg ($n=20$) となった。生産乳量は産次が増えるにつれ高くなる傾向にあったが、1産次では5産次以上、4産次について高い結果となった。

2) 除籍産次別の在籍日数一日あたりの生産収益
除籍産次別一日あたりの生産収益について図5に示した。除籍産次別の在籍日数一日あたりの生産収益は、式9により求めた。1産次は -137.2 ± 35.2 円 ($n=22$)、2産次は -146.6 ± 26.3 円 ($n=47$) と収益はマイナスを示したが、3産次は 33.8 ± 27.3 円 ($n=31$) と、3産次を境に収益はプラスに転じた。4産次は 287.5 ± 26.5 円 ($n=32$)、5産以上では 529.6 ± 42.4 円 ($n=20$) と収益は産次数が上がるにつれ有意に増加した ($P<0.01$)。

3) 牛群別の生産日数一日あたりの生産乳量および在籍日数一日あたりの生産収益

低群、高群ごとの産次別生産日数一日あたりの生産乳量および農場在籍日数一日あたりの生産収益について表6に示した。生産乳量は低群で 17.1 ± 0.6

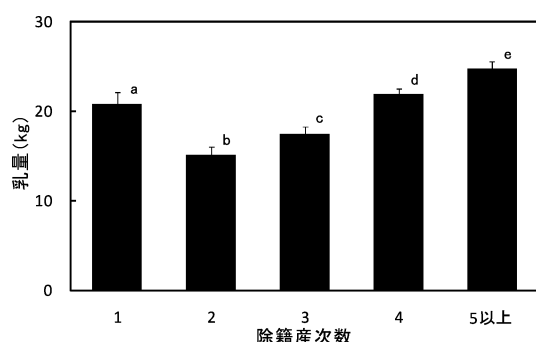


図4 除籍産次別の生産日数一日あたりの生産乳量
除籍産次別生産日数一日あたりの生産乳量 (kg) は、除籍までの総生産乳量を生産日数で割った値とした。
1産 ($n=22$)、2産 ($n=47$)、3産 ($n=31$)、4産 ($n=32$) および5産以上 ($n=20$) の値は平均値±標準誤差を示す。
a/b, b/d, b/e, c/d, c/e: $P<0.01$ 有意差あり

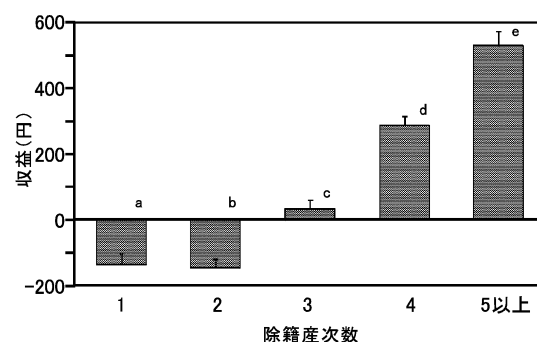


図5 除籍産次別一日あたりの生産収益
除籍産次別一日あたりの生産収益 (円) は生涯生産収益を農場在籍日数で割った値とした。
1産 ($n=22$)、2産 ($n=47$)、3産 ($n=31$)、4産 ($n=32$) および5産以上 ($n=20$) の値は平均値±標準誤差を示す。
a/c, a/d, a/e, b/c, b/d, c/d, c/e, d/e: $P<0.01$ 有意差あり

表6 生産日数一日あたりの生産乳量および在籍日数一日あたりの生産収益

項目	低群	高群
n	100	52
一日生産乳量 (kg)	$17.1 \pm 0.6^*$	23.0 ± 0.5^a
一日生産収益 (円)	-88.6 ± 18.5	380.6 ± 28.1^a

一日生産乳量 (kg) は、総生産乳量を生産日数で割った値とした
一日生産収益 (円) は生涯生産収益を農場在籍日数で割った値とした

*: 平均値±標準誤差

a: 両群間に有意差あり $P<0.05$

kg、高群で 23.0 ± 0.5 kg となり、両群間で有意な差が認められた ($P<0.01$)。

また、生産収益においては低群で -88.6 ± 18.5 円、高群で 380.6 ± 28.1 円となり、両群間で有意な差が認められた ($P<0.01$)。

7. 低群および高群における産次別泌乳ステージの乳量および乳質の変化

1) 低群および高群における産次別泌乳ステージの乳量の推移

産次別の低群および高群における乳量の推移について図6に示した。北海道立根釧農業試験場の泌乳期の区分基準から[4]、泌乳期を前期(分娩後14-77日)、前中期(分娩後78-154日)、後中期(分娩後155-231日)および末期(分娩後232日以上)の4期に分類し、各泌乳期の乳量の平均を求めた。図6-(a)には1産次における乳量の推移を示した。低群 ($n=94$) では前期、前中期、後中期および末期の順に、 27.7 ± 0.6 kg ($n=94$)、 26.9 ± 0.6 kg ($n=93$)、

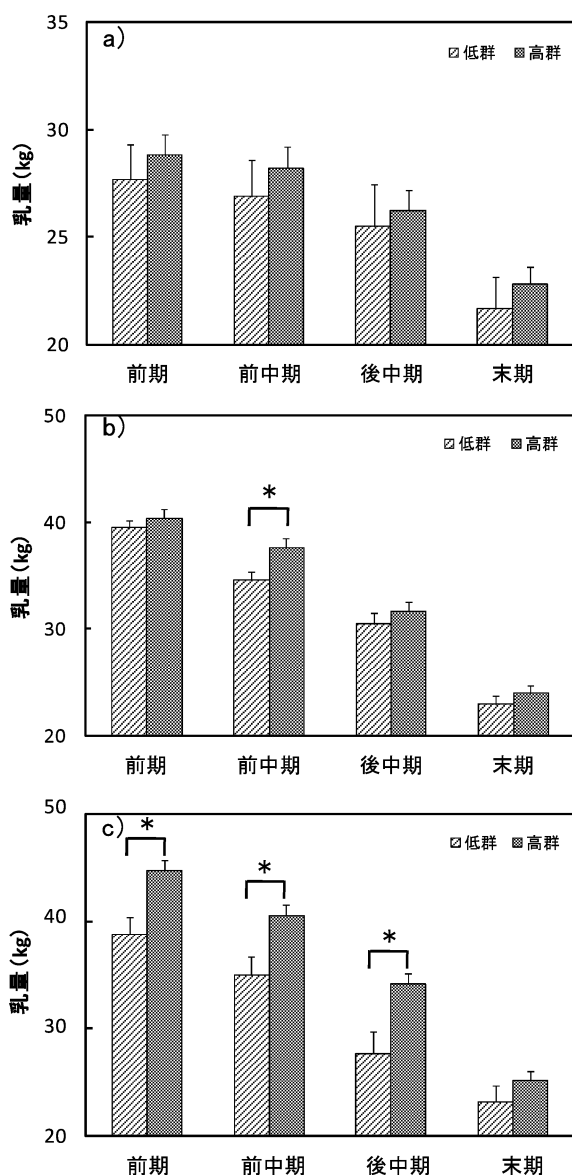


図6 低群および高群における産次別各泌乳ステージの乳量の推移

(a) 1産次, (b) 2産次, (c) 3産次の各泌乳ステージの平均乳量 (平均値±SEM) で示した。

前期: 分娩後14-77日, 前中期: 分娩後78-154日, 後中期: 分娩後155-231日, および末期: 分娩後232日以上で分類した。

*: $P < 0.05$ 有意差あり

25.5±0.6 kg (n=91) および 21.7±0.5 kg (n=87), 高群 (n=51) では 28.8±0.6 kg (n=48), 28.2±0.6 kg (n=50), 26.2±0.6 kg (n=50) および 22.8±0.6 kg (n=51) となった。低群と比較し, 高群において全乳期において乳量は高く推移する傾向を示したが, いずれの乳期においても有意差は認められなかった。

図6-(b) には2産次における乳量の推移を示し

た。低群 (n=78) では前期, 前中期, 後中期および末期の順に, 39.5±0.7 kg (n=78), 34.6±0.8 kg (n=74), 30.5±1.0 kg (n=67) および 22.9±0.8 kg (n=60), 高群 (n=50) では 40.4±0.9 kg (n=50), 37.6±0.9 kg (n=50), 31.7±0.9 kg (n=50) および 24.0±0.8 kg (n=50) となった。前中期において, 低群と比較し, 高群において乳量は有意に高かった ($P < 0.05$)。他の泌乳期においては両群間に有意な差は認められなかった。

図6-(c) には3産次における乳量の推移を示した。低群 (n=30) では前期, 前中期, 後中期, 末期の順に, 38.8±1.6 kg (n=30), 35.0±1.7 kg (n=26), 27.7±2.0 kg (n=22) および 23.2±1.5 kg (n=15), 高群 (n=51) では 44.7±1.0 kg (n=51), 40.5±1.0 kg (n=51), 34.2±0.9 kg (n=51) および 25.2±0.8 kg (n=51) となった。前期, 前中期および後中期において, 低群と比較し, 高群において乳量は有意に高かった ($P < 0.01$)。末期においては両群間に有意な差は認められなかった。

2) 低群および高群における産次別泌乳ステージの乳脂率の推移

産次別の低群および高群における乳脂率の推移について図7に示した。前述の乳量推移と同様に, 乳期を前期, 前中期, 後中期および末期の4期に分類し, 各期の乳脂率の平均を求めた。

図7-(a) には1産次における乳脂率の推移を示した。低群 (n=94) では前期, 前中期, 後中期および末期の順に, 3.92±0.05% (n=94), 3.86±0.06% (n=93), 4.12±0.06% (n=91) および 4.40±0.07% (n=87), 高群 (n=50) では 4.02±0.07% (n=48), 3.76±0.08% (n=50), 4.40±0.07% (n=50) および 4.35±0.08% (n=51) となった。いずれの乳期においても両群間に有意な差は認められなかった。

図7-(b) には2産次における乳脂率の推移を示した。低群 (n=78) では前期, 前中期, 後中期および末期の順に, 3.81±0.06% (n=78), 3.88±0.03% (n=74), 4.18±0.09% (n=67) および 4.52±0.09% (n=60), 高群 (n=50) では 3.94±0.08% (n=50), 3.83±0.07% (n=50), 4.02±0.08% (n=50) および 4.28±0.06% (n=50) となった。いずれの乳期においても両群間に有意な差は認められなかったが, 前期, 後中期および末期においては高群と比較し, 低群の乳脂率が高い傾向にあった。

図7-(c) には3産次における乳脂率の推移を示した。低群 (n=30) では前期, 前中期, 後中期および末期の順に, 4.00±0.06% (n=30), 4.05±0.12% (n=26), 4.26±0.15% (n=22) および 4.26±0.14%

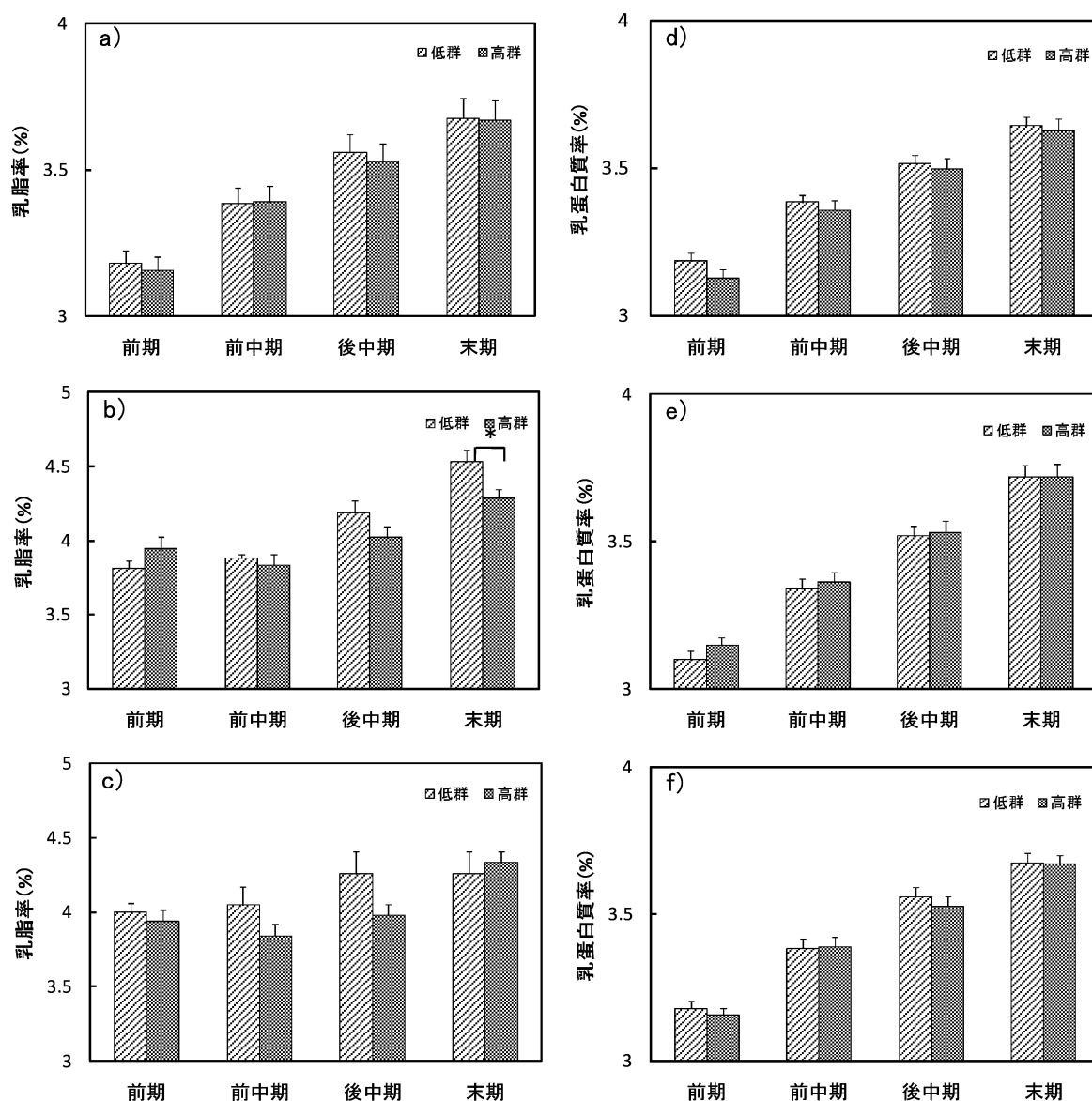


図7 低群および高群における産次別各泌乳ステージの乳脂率および乳蛋白質率の推移

(a) 1産次, (b) 2産次, (c) 3産次の平均乳脂率, および (d) 1産次, (e) 2産次, (f) 3産次の平均乳蛋白質率を示す。

各泌乳ステージの値は平均値±標準誤差を示す。

前期：分娩後14-77日, 前中期：分娩後78-154日, 後中期：分娩後155-231日, および末期：分娩後232日以上で分類した。

*：P<0.05 有意差あり

(n=15), 高群 (n=51) では $3.94 \pm 0.08\%$ (n=51), $3.84 \pm 0.08\%$ (n=51), $3.98 \pm 0.07\%$ (n=51) および $4.33 \pm 0.07\%$ (n=51) となった。いずれの乳期においても両群間に有意な差は認められなかったが, 前期, 前中期および後中期においては高群と比較し, 低群の乳脂率が高い傾向にあった。

3) 低群および高群における産次別泌乳ステージの乳蛋白質推移

産次別の低群及び高群における乳蛋白質推移につ

いて図7に示した。前述の乳量, 乳脂率推移と同様に, 乳期を前期, 前中期, 後中期および末期の4期に分類し, 各期の乳蛋白質の平均を求めた。

図7-(d)には1産次における乳蛋白質率の推移を示した。低群 (n=94) では前期, 前中期, 後中期および末期の順に, $3.19 \pm 0.03\%$ (n=94), $3.38 \pm 0.02\%$ (n=93), $3.52 \pm 0.03\%$ (n=91) および $3.64 \pm 0.03\%$ (n=87), 高群 (n=51) では $3.13 \pm 0.03\%$ (n=48), $3.36 \pm 0.03\%$ (n=50), $3.50 \pm 0.04\%$ (n=50)

および $3.63 \pm 0.04\%$ ($n=51$) となった。いずれの乳期においても両群間に有意な差は認められなかった。

図7-(e)には2産次における乳蛋白率の推移を示した。低群($n=78$)では前期、前中期、後中期および末期の順に、 $3.10 \pm 0.03\%$ ($n=78$)、 $3.34 \pm 0.03\%$ ($n=74$)、 $3.52 \pm 0.04\%$ ($n=67$) および $3.72 \pm 0.04\%$ ($n=60$)、高群では $3.15 \pm 0.03\%$ ($n=50$)、 $3.36 \pm 0.03\%$ ($n=50$)、 $3.53 \pm 0.03\%$ ($n=50$) および $3.72 \pm 0.04\%$ ($n=50$) となった。いずれの乳期においても両群間に有意な差は認められなかった。

図7-(f)には3産次における乳蛋白率の推移を示した。低群($n=30$)では前期、前中期、後中期および末期の順に、 $3.18 \pm 0.04\%$ ($n=30$)、 $3.38 \pm 0.05\%$ ($n=26$)、 $3.56 \pm 0.07\%$ ($n=22$) および $3.68 \pm 0.08\%$ ($n=15$)、高群($n=51$)では $3.15 \pm 0.03\%$ ($n=51$)、 $3.39 \pm 0.03\%$ ($n=51$)、 $3.53 \pm 0.03\%$ ($n=51$) および $3.67 \pm 0.03\%$ ($n=51$) となった。いずれの乳期においても両群間に有意な差は認められなかった。

[2] 牛群検定成績表からの牛群解析

1. 牛群検定成績表からの各種データ算出

毎月農家に届く乳検の牛群検定成績表から、在籍日数一日あたりの生産収益を算出する式を作成した。平成20年6月の北海道平均検定成績データを一農家の牛群検定成績と仮定し、使用した。牛群検定成績表からは、乳価(平均一ヵ年・1kg単位)(円)①、除籍牛平均産次数②、初回分娩月齢③、分娩間隔(日)④、年間305日成績(kg)⑤、検定日乳量平均(kg)⑥および平均乾乳日数(日)⑦のデータを抽出して使用した。実際の使用データを表7にまとめた。

次に、実際のデータを代入し、具体的な算出方法について式で示した。なお、飼養費については仮想値Cを代入した。

$$\begin{aligned} \text{育成日数(日)} &= \text{初産分娩月齢} \\ &= 25(\text{ヵ月}) \text{ ②} \\ &= 365(\text{日}) \times 2 + 30(\text{日}) \\ &= 760(\text{日}) \dots\dots\dots \text{⑧} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{農場在籍日数(日)} &= \text{初回分娩月齢} + \text{平均産次}(3.5 \text{ ③}) \text{ 分の分娩間隔} \\ &= \text{初回分娩月齢} + \text{分娩間隔}(2 \text{ 産}) \\ &\quad + \text{分娩間隔}(3 \text{ 産}) + \text{分娩間隔}(4 \text{ 産}) \times 0.5 \\ &= 760 + 424 \text{ ④} + 430 \text{ ④} + 432 \text{ ④} \times 0.5 \end{aligned}$$

表7 2008年6月検定成績表(全道)使用データ

使用項目	データ
① 乳価(平均一ヵ年・1kg単価)	69
② 除籍牛平均産次数	3.5産
③ 初回分娩月齢	25ヵ月
④ 分娩間隔(日)	2産: 424 3産: 430 4産以上: 432
⑤ 年間305日成績(kg)	1産: 7888 2産: 9222 3産以上: 9410
⑥ 検定日乳量平均(kg)	1産(300日以上): 21.4 2産(300日以上): 21.1
⑦ 平均乾乳日数(日)	68

$$= 1,830(\text{日}) \dots\dots\dots \text{⑨}$$

$$\begin{aligned} \text{生産日数(日)} &= \text{農場在籍日数(日)} - \text{育成日数(日)} \\ &= 1,830(\text{日}) - 760(\text{日}) \\ &= 1,070(\text{日}) \dots\dots\dots \text{⑩} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{各期生産乳量(kg)} &= \text{各産次の305日成績(kg)} \\ &\quad + \{\text{分娩間隔(日)} - 305 \\ &\quad - \text{平均乾乳日数(日)}\} \times \text{検定日平均乳量(300日} \\ &\quad \text{以上)}(\text{kg}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{1産次生産乳量(kg)} &= 7,888(\text{kg}) \text{ ⑤} + \{424(\text{日}) \\ &\quad \text{④} - 305(\text{日}) \\ &\quad - 68(\text{日}) \text{ ⑦}\} \times 21.4(\text{kg}) \text{ ⑥} = 8,979(\text{kg}) \\ &\quad \dots\dots\dots \text{⑪} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2産次生産乳量(kg)} &= 9,222(\text{kg}) \text{ ⑤} + \{430(\text{日}) \\ &\quad \text{④} - 305(\text{日}) \\ &\quad - 68(\text{日}) \text{ ⑦}\} \times 21.1(\text{kg}) \text{ ⑥} = 10,425(\text{kg}) \\ &\quad \dots\dots\dots \text{⑫} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{3産次生産乳量(kg)} &= 9,410(\text{kg}) \text{ ⑤} + \{432(\text{日}) \\ &\quad \text{④} - 305(\text{日}) \\ &\quad - 68(\text{日}) \text{ ⑦}\} \times 21.1(\text{kg}) \text{ ⑥} = 10,655(\text{kg}) \\ &\quad \dots\dots\dots \text{⑬} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{総生産乳量(kg)} &= \text{1産次生産乳量(kg)} + \text{2産次} \\ &\quad \text{生産乳量(kg)} + \text{3産次生産乳量(kg)} \times 0.5 \\ &= 8,979(\text{kg}) \text{ ⑪} + 10,425(\text{kg}) \text{ ⑫} + 10,655(\text{kg}) \\ &\quad \text{⑬} \times 0.5 \\ &= 24,732(\text{kg}) \dots\dots\dots \text{⑭} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{一日生産乳量(kg)} &= \text{総生産乳量(kg)} / \text{生産日数} \\ &\quad \text{(日)} \\ &= 24,732(\text{kg}) \text{ ⑭} / 1,070(\text{日}) \text{ ⑩} \end{aligned}$$

$$=23.1 \text{ (kg)}$$

$$\begin{aligned} \text{生涯生産収入 (円)} &= \text{乳価 (円)} \times \text{総生産乳量 (kg)} \\ &= 69 \text{ (円)} \times 24,732 \text{ (kg)} \text{ ⑭} = 1,706,477 \text{ (円)} \\ &\dots\dots\dots \text{⑮} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{生涯総飼養費 (円)} &= \text{育成日数 (日)} \times (\text{飼養費 (円)} \times 0.5) + \text{生産日数 (日)} \times \text{C (円)} \\ &= 760 \text{ (日)} \text{ ⑧} \times (\text{C (円)} \times 0.5) \\ &\quad + 1,070 \text{ (日)} \text{ ⑩} \times \text{C (円)} \\ &= 1,450 \text{ C (円)} \dots\dots\dots \text{⑯} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{生涯生産収益 (円)} &= \text{生涯生産収入 (円)} - \text{生涯総飼養費 (円)} \\ &= 1,706,477 \text{ (円)} \text{ ⑮} - 1,450 \text{ C (円)} \text{ ⑯} \\ &= 1,706,477 - 1,450 \text{ C (円)} \dots\dots\dots \text{⑰} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{一日生産収益 (円)} &= \text{生涯生産収益 (円)} / \text{農場在籍日数 (日)} \\ &= \{1,706,477 - 1,450 \text{ C (円)} \text{ ⑰}\} / 1,070 \text{ (日)} \text{ ⑩} \\ &= \{1,594.8 - 1.36 \text{ C (円)}\} \dots\dots\dots \text{⑱} \end{aligned}$$

仮想値Cに前述の方法3で用いた飼養費(855円)を実際のコストデータと仮定し代入すると、一日生産収益は432.0円となる。また、外挿値として、800, 1,000, 1,200円を代入すると、一日生産収益はそれぞれ506.8円, 234.8円, -37.2円となる。従って、この農家においては、飼養費1,200円以上で収益はマイナスに転じると予測され、一日の飼養費を100円軽減する事で、収益は一日一頭あたり136円増加させる事が出来ると予測された。

考 察

対象農場の産次別の年別平均頭数割合から、当農場では1～3産次の個体、つまり低産次の頭数割合が高い事がわかった。3産次以下で除籍された低群では繁殖障害における除籍が最も多く、1～2産次における人工授精回数は、低群および4産次以上で除籍された高群との間で有意な差は見られなかったものの、低群で授精回数の多い傾向にあった。さらに、高群における分娩間隔は低群と比較し、1～2産の分娩間隔において中央値よりも有意に短い個体が多いことがわかった。

産次別生産日数(初回分娩から除籍までの日数)一日あたりの生産乳量は、産次数が増加するに伴い高値を示した事から、群別生産日数一日あたりの乳

量は低群と比較し高群で有意に高い結果となった。産次別乳量の推移においても1産次の産乳量は最も低い、産次別生産日数一日あたりの生産乳量は4産次、5産次に次いで1産次で高い結果を示した。これは、1産から2産にかけての分娩間隔が2産から3産の分娩間隔と比較し、低群で4.8日、高群で15.3日長く、乾乳期間の延長などが起こりやすく、総生産乳量に対して生産日数が短いことに起因すると考えられた。

産次別乳量の推移においては全産次において低群と比較し高群で高い傾向にあり、特に3産次においては乳生産の中心となる前期、前中期および後中期において、低群と比較し有意に高い値を示した。一方、産次別の乳脂率および乳蛋白質率については、両群間で有意な差は認められなかったが、産次別の乳脂率は、低群において高群と比較しやや高い傾向を示した。高泌乳牛と比較し、低泌乳牛では高乳脂率の個体が多いとの報告があることから[13]、低群における生産乳量の低値が反映された結果であると考えられた。また、3産次の乳量および乳脂率の推移において、高群と比較し、低群の標準誤差が大きかったことから、低群に属する個体の能力にはばらつきが大きいと推察された。

低群における除籍理由について、さらに産次別でみると、1産次は繁殖障害における除籍が目立ったのに対し、2産次および3産次では乳房炎および乳器障害による除籍割合が高かった。1～2産の間の分娩間隔が長い個体が低群で有意に多いこと、3産次における乳量が高群と比較し低群で有意に低い事と合わせても、1～2産次では繁殖障害が問題となり、これらが1～2産次の淘汰原因となっていると考えられた。一方2～3産次では乳房炎および乳器障害が問題となり、乳量減少や乳質のばらつきに関係し、これらが主な淘汰原因となっていると推察された。

産次別在籍日数一日あたりの生産収益は、3産次を境にプラスへ転じ、4産、5産以上と産次が増えるにつれ収益は増加した。その結果、牛群別農場在籍一日あたりの生産収益は低群に比較し高群で有意に高い値を示した。

以上のことから、本農場では、分娩間隔が短く、農場在籍日数に対する生産乳量が高い個体ほど生産収益は増加する[10]と考えられた。対象農場における各群の特徴として、高群は乳量が高く、繁殖成績に優れた牛群であるのに対し、低群では1～2産次における繁殖成績が劣り、乳量の増加と安定がみられる3産次の生産乳量[11]が低い牛群であると

推察された。従って、本農場では一定の分娩間隔を維持し、4産以上まで生産を継続する個体の生産性及び生産効率が高いと推察された。

北海道における除籍牛平均産次数から、高産次除籍牛群と低産次除籍牛群の2群に分けて解析を行ったが、上記のように、両群間で除籍理由、分娩間隔、乳量、生産収益等の各項目において有意差が認められた。また、各群の特徴的な傾向が明らかになったことから、農場在籍地域の平均データからの分類基準は牛群の概要を解析する上で有用かつ適正であったと考えられた。今後は、農家の飼養規模や飼養形態により使用データを変換する事で、より明確な分類および解析が可能であると推察された。

農場在籍1日あたりの生産収益は、以下の式にまとめることが出来た。

$$\begin{aligned} \text{一日生産収益} = & \{ \text{生産日数} \times (\text{1日あたり生産乳量} \times \text{乳価} - \text{1日生産コスト}) - \text{育成日数} \\ & \times (\text{1日生産コスト} \times 0.5) \} / \text{農場在籍日数} \\ & \dots\dots\dots \text{式 10} \end{aligned}$$

上記の式に各農家の牛群の、農場在籍日数、生産乳量、生産コストを外挿することで収益予測のシミュレーションを行うことが可能であると考えられた。本研究では概要を調査するために乳価には外挿値を用い、飼養費として農林水産省統計部のデータを用いた。しかし、検定成績表に記載されている実際の乳価や各農業協同組合で管理されている農家ごとのコストデータを代入することで、より正確にその農場の状況を把握、分析することが可能であり、農場経営の現状把握や牛群評価方法の一手段として広く利用可能であると考えられた。

今回、対象農場の牛群解析には、個体ごとの乳検データを使用した。牛群の平均的な牛の生産日数一日あたりの生産乳量および在籍日数一日あたりの生産収益は、牛群の検定成績表のデータからも同様に算出可能であった。農家が毎月目にする牛群検定成績表から、簡便かつ定期的に収支状況を把握する事で、経営目標の設定や改善点の摘出、経営動向を知るのに役立つと考えられた。また、データの代入によるシミュレーションから、農家の総収益と収支状況の予測、実際にその農場の経営に影響を及ぼす具体的な要因について考察することが出来ると考えられた。経営に結びつく主要因として、生産乳量、生産コストおよび分娩間隔が挙げられ、その農家の経営方針や経営目標に合わせた具体的な対策を提案、実施する事が可能であると考えられた。

実際の農場経営においては子牛の売買等による利益が加味される上、各種購入費用や労働費、保険金等に関して考慮する必要がある[3, 5]。さらに育成期を牧場に委託するか否かによって育成コストにも変更が生じる。他にも自家飼料生産の割合や放牧の有無、飼養設備の種類および地域性といった種々多様な要因が関与する可能性があると考えられる。したがって、今後は飼養管理形態別、地域別の分析を行い、基準値の検討や各分類における傾向や特徴等を比較検討する必要があると考えられた。

謝 辞

本研究の一部は、平成20年度酪農学園大学共同研究補助金(2008-6)の援助を受けたものである。本論文の英語要約の校閲をしていただいた能田淳准教授(酪農学園大学獣医学部)に感謝の意を表す。

文 献

1. Brand, A. and Guard, C. L. 2001. ハードヘルスと生産管理のプログラム. pp. 3-4. 乳牛のハードヘルスと生産管理(酒井健夫・大島 慧監訳), チクサン出版, 東京.
2. 橋立賢二郎 2000. 平均産次数と経済性. pp. 9-11. 乳用牛の平均産次数を延ばしもうけを大きくする牛群モニタリング技術, 社団法人北海道酪農畜産協会, 北海道.
3. 畠山尚史 2005. 酪農経営の成長と財務, 酪農総合研究所, 北海道.
4. 北海道立根釧農業試験場.
<http://www.agri.pref.hokkaido.jp/konsen/konsen1.html>
5. 今田忠雄 1975. 畜産物生産費計算の実際, 博友社, 東京.
6. 笠原千尋 2000. 検定成績と経営診断に見られる平均産次. pp. 1-6. 乳用牛の平均産次数を延ばしもうけを大きくする牛群モニタリング技術, 社団法人北海道酪農畜産協会, 北海道.
7. 西山太平 1961. 乳牛飼育の生産経済, 東京.
8. 農林水産省大臣官房統計部 2008. 農林水産統計, 東京.
9. 農林水産省北海道事務所統計部 2006. 農林水産統計, 東京.
10. 扇 勉, 志賀永一 2001. 乳牛の供用年数を考える—その実態と決定要因—, 酪農総合研究所, 北海道.
11. 大久保忠彦 1997. 乳牛と肉牛の育成, デーリーマン社, 北海道.

12. 社団法人家畜改良事業団. <http://liaj.lin.go.jp>
13. 鈴木善和 2000. 牛群のモニタリング. pp. 19-27. 乳用牛の平均産次数を延ばしもうけを大きくする牛群モニタリング技術, 社団法人北海道酪農畜産協会, 北海道.

要 約

近代日本酪農の変化に伴い、予防的な観点を含めた牛群管理が重要視されるようになってきた。牛群の管理を実施するにあたり、牛群の生産性やその傾向を把握し、評価する事は牛群管理において重要である。本研究では汎用性が高いと考えられる乳検データを用いて、対象農場の各牛の収益性を評価する方法を検討し、牛の生産寿命と生産性の関連を明らかにするとともに、現牛群および飼養管理における経営状況の把握のため、乳検の牛群検定成績表を利用した収益性の算出方法の検討を行った。

1 フリーストール農場の1999年3月～2008年4月までの乳検データのうち、除籍処分された142頭と、2008年4月現在で4産次以上の個体14頭の計156頭について検討した。平成20年度の北海道における平均廃用産次数(3.5産)を参考に、対象牛のうち、3産以下の個体を低産次除籍牛群(低群101頭)、4産以上の個体を高産次除籍牛群(高群55頭)に分類し、両群における除籍理由、分娩間隔、および生産乳量、乳質を比較した。また、乳検データから各個体の農場在籍日数(除籍日－生年月日)、育成日数(初回分娩年月日－生年月日)、生産日数(農場在籍日数－育成日数)、総生産乳量および一日生産乳量(総生産乳量／生産日数)を算出した。このモデルでは、生産コストは農林水産省統計部の平成18年度北海道牛乳生産費データから搾乳牛通年換算1頭あたり1日の飼料費、種付料、敷料費、光熱水料、その他諸材料費および診療衛生費を加算した額(855円)を使用し、育成期間の生産コストは搾乳牛の50%、乳価は1 kg 70円として、生涯生産収益および農

場在籍期間一日当たり生産収益を求めた。

除籍理由の上位4位は低群では繁殖障害(30.7%)、乳房炎(25.7%)、乳器障害(13.9%)およびその他の理由(12.9%)、高群では乳房炎(39.0%)、乳器障害(17.1%)、その他の理由(14.6%)および運動器病(12.2%)であった。分娩間隔は1産～2産の間において、試験対象牛全頭の分娩間隔の中央値よりも短い日数を示す個体の割合が低群と比較し高群で有意に高かった(42.3 vs 61.5%, $P < 0.05$)。また、一日あたり生産乳量は低群と比較し高群で有意に高く(17.1 ± 0.6 vs 23.0 ± 0.5 kg(平均 \pm SEM), $P < 0.01$)、一日当たり生産収益は低群と比較し高群で有意に高かった(-88.6 ± 18.5 vs 380.6 ± 28.1 円, $P < 0.01$)。

牛群検定成績表から、在籍日数一日あたりの生産収益の算出式を作成した。平成20年度6月の北海道平均検定成績データを一農家の牛群検定成績表と仮定し、使用した。飼養費に仮想値Cを代入することで、一日生産収益は $\{1,594.8 - 1.36 C \text{ (円)}\}$ となった。この式に飼養費の外挿値として、800, 1,000, 1,200円を代入すると、一日生産収益はそれぞれ506.8円, 234.8円, -37.2円となり、この例においては飼養費1,200円以上で収益はマイナスに転じると予測された。また同時に、一日の飼養費を100円軽減する事で、収益は一日一頭あたり136円増加させる事が出来ると予測された。

以上のことから、分娩間隔が短く、在籍日数に対する生産乳量が高い個体ほど生産収益は増加すると考えられ、対象農場においては、一定の分娩間隔を維持し4産まで生産を継続する個体の生産収益が高いと推察された。また、生産収益の式を一般化し、実際の農場データを外挿することで農場経営の現状把握および予測に役立つと考えられ、適正牛群の評価・選抜基準の一つとして利用可能であると推察された。

Summary

Herd health and production management system to improve milk productivity and to prevent production diseases have been needed in dairy farms in Japan for many decades. The objective of this study was to examine an evaluation system of adequate herd for an improvement of productivity and management in a dairy farm using milk production records which are widespread use in Japan. In this study, data set of 156 culled cows in a dairy farm with free stall housing system were extracted from the milk production records between March 1999 and April 2008. Cows were divided into 2 groups by the average culling parity (3.5 parities) in Hokkaido in 2008; one was low parity group (101 cows) with ≤ 3 parities, and another was high parity group (55 cows) with > 3 parities. Reproductive disorders (30.7%) and mastitis (39.0%) were the main reasons for culling out in low and high parity groups, respectively. Average daily milk yield between first

calving and culling out were 17.1 ± 0.6 (mean \pm S. E. M.) and 23.0 ± 0.5 kg/day, respectively. An average daily profit during farm registration in low and high parity groups were -88.6 ± 18.5 and 380.6 ± 28.1 yen/day, respectively. The daily milk yield and profit in low parity group were significantly lower than those in high parity group ($p < 0.01$). These results showed that cows with high reproductive performance and high milk yield during farm registration provided longevity, and high profits in this dairy farm. This study indicates the analysis of milk production records can provide a trend of a sufficient herd, useful information for herd health, and production management in a dairy farm.

Key words: herd health, milk production record, production management